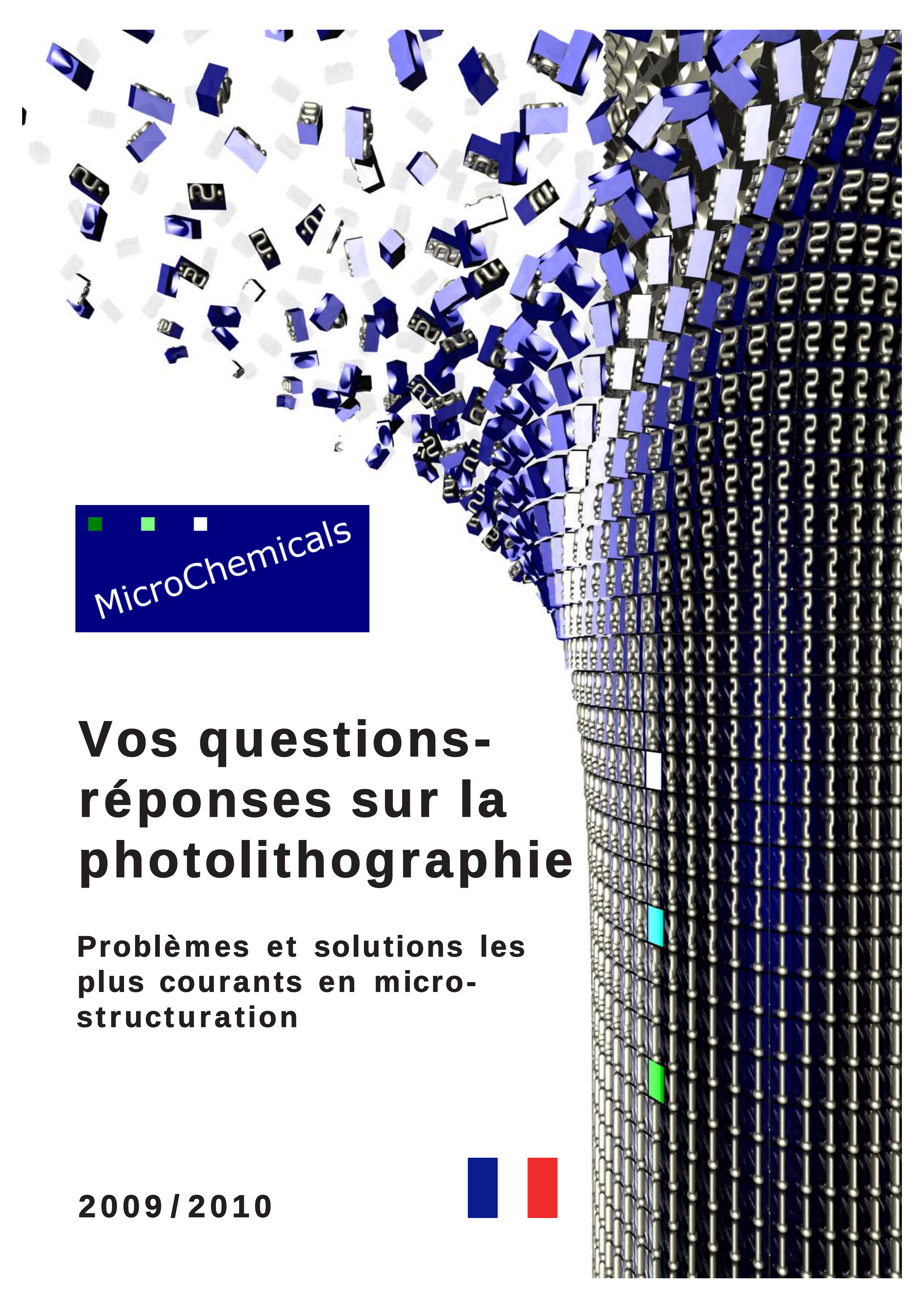


Vos questions-réponses sur la photolithographie

Problèmes et solutions les plus courants en micro-structuration

2009/2010

Detailed technical information on all topics of this booklet can be found here:

www.microchemicals.eu/technical_information



Chers lectrices, chers lecteurs

Le domaine de la microstructuration est large et varié et les relations entre les paramètres physico-chimiques qui la gouvernent sont complexes.

Ce guide de dépannage a été rédigé afin d'apporter une solution possible aux problèmes les plus fréquemment rencontrés en technique lithographique. Nous avons délibérément choisi une approche très générale et renoncé aux explications détaillées: les points abordés dans ce guide sont commentés en détail dans notre brochure **Lithography 2008 / 2009**.

Utilisation du manuel de dépannage sur la lithographie

Ce manuel est divisé en 15 chapitres thématiques qui traitent certains problèmes typiques de la lithographie et leurs solutions. Les références données à la fin de nombreuses propositions de solutions (par exemple ▶**5.4**) renvoient aux chapitres de notre brochure actuelle **Lithography 2008 / 2009** où ces thèmes sont approfondis et illustrés de graphiques. Si vous ne disposez pas encore de cette brochure, vous pouvez la recevoir gratuitement sur demande à (*info@microchemicals.eu*) !

Ce que ce guide de dépannage en lithographie N'est PAS.

La méthode la plus effective de résoudre un problème est et sera toujours l'entretien personnel. Ce guide de dépannage ne peut en aucun cas remplacer un entretien.

Cependant, ce petit manuel a été conçu pour vous aider à déterminer vous-même les solutions possibles à un problème précis.

C'est avec plaisir que nous discuterons avec vous des difficultés que vous rencontrez. Veuillez nous contacter !

Bonne réussite

votre MicroChemicals GmbH !

Sommaire

A) Apparence inhabituelle de la résine et de la couche de résine

1. Virage de la couleur ?

i) Tous les résines positives et réversibles foncent avec le temps, plus vite plus la température est élevée. Ceci est dû aux réactions chimiques du photo-amorceur qui forment des colorants azo très absorbants. Cette coloration n'a lieu que dans le visible et n'a pas d'influence sur le traitement de la résine photosensible. Ce changement de couleur étant très lent, on ne s'en aperçoit en général qu'à l'utilisation d'un nouveau bain de couleur.

ii) Tout comme le gel, le contact de la résine photosensible avec l'eau ou un solvant inapproprié comme l'isopropanol peut aussi entraîner l'altération de la couleur. Dans ces cas, il est possible que l'altération de la résine photosensible soit permanente.

iii) La couleur de la résine photosensible dépend également du matériau du substrat.

iv) Justement dans le cas de couches de résine photosensible fines, la modification de l'épaisseur de la couche de quelques 10 nm due à une perte de solvant, au stockage prolongé de la résine ou à un changement des conditions ambiantes (température, système ou paramètre d'application de la résine) peut entraîner un virage de la couleur de la couche de résine.

2. Endroits non enduits après application de la résine ?

i) Un mauvais mouillage de la résine (comme souvent sur les métaux précieux, les substrats insuffisamment propres, ou en raison d'une forte humidité ambiante ou après immersion de surfaces à base de SiO_2 dans un bain HF sans élimination complète de l'oxyde) peut entraîner des défauts d'enduction du substrat.
▶4.2, 4.4, 4.5

ii) Une autre raison de formation de fissures dans la résine peut être l'emploi d'une quantité insuffisante de résine lors de l'enduction centrifuge (la quantité conseillée est de 1-5 ml résine/substrat, en fonction de la taille du substrat, de l'épaisseur et de la viscosité de la résine) ou bien la décentralisation de la dispersion sur le substrat. ▶5.4

iii) En ce qui concerne l'enduction centrifuge sur substrats lisses, une forte accélération (quelques 1.000 U/min/s) vers la vitesse de rotation finale sans vitesse de démarrage améliore souvent le résultat de l'enduction. ▶5.4

iv) Pour l'enduction centrifuge sur substrats texturés, il est recommandé de démarrer lentement la centrifugation avant d'accroitre le nombre de tours jusqu'à la vitesse finale afin de répartir régulièrement la résine. Ceci nécessite cependant une quantité relativement importante de résine. ▶5.4

v) La présence de particules et de bulles d'air est souvent responsable de défauts de la couche de résine. Lire dans le chapitre suivant les causes et les solutions à ces problèmes. ▶5.5

3. Coulées, bulles, particules dans la couche de résine après vernissage ?

i) Les bulles d'air formées dans la résine photosensible sont la cause de la formation de fissures dans le résine. Les bulles d'air peuvent se former lorsque la résine photosensible est transvasée ou agitée. Suivant la viscosité, il faut souvent attendre plusieurs heures pour laisser le temps aux bulles de monter à la surface avant d'appliquer la résine. L'air peut également être aspiré en faisant monter la résine dans une cuvette ou une pipette. ▶5.5

ii) Les bulles de N_2 sont aussi à l'origine de fissures dans la résine et résultent de la décomposition du photo-amorceur qui libère de l'azote. Suite à un long stockage des pots de résine, l'azote se dissout dans la résine. Il y a formation de bulles de gaz à l'ouverture du pot en raison d'une baisse soudaine de la pression. Là aussi, il est recommandé d'attendre que les bulles montent à la surface, suivant la viscosité du résine jusqu'à plusieurs heures, avant d'appliquer la résine. Pour cela, ouvrir le couvercle mais le laisser posé sur le pot. L'azote peut aussi se dissoudre dans la résine si on utilise ceci à la place d'un pistolet à vernis pour appliquer la résine photosensible sur le substrat. ▶5.5

iii) Tout comme les bulles d'air ou de gaz, les particules peuvent également empêcher

l'enduction homogène de la résine. Si le substrat est déjà souillé de particules, il est possible que la propreté du substrat et/ou celle du local de vernissage soit insuffisante. Si la résine contient des particules, cela peut provenir du transvasement dans des pots insuffisamment propres ou d'un très long stockage entraînant une altération de la résine. La vitesse de vieillissement de la résine augmente avec la température de stockage ou la dilution de la résine. ▶**5.5**

4. Surface mate et gondolée après application ?

i) En général, ceci est dû à une concentration de particules si élevée qu'elle peut seulement être due à un stockage trop prolongé ou au contact avec des solvants inappropriés. La vitesse de vieillissement de la résine augmente avec la température de stockage ou la dilution de la résine. Il n'est pas conseillé d'utiliser cette résine même après filtration, car la formation de particules est associée à une perte d'activité du photo-amorceur. ▶**3.1-3.5**

ii) Les résines trop longtemps stockées à température ambiante et à des températures plus élevées, mais avant tout, les résines fortement diluées peuvent se « gélifier ». Ceci se traduit par la formation d'un genre de « grumeaux » macroscopiques dans la couche de résine. Cette forme de vieillissement est irréversible. ▶**3.1, 3.4**

B) Techniques d'enduction : Problèmes fréquents

1. Enduction centrifuge : Surépaisseur sur les bords ?

i) Substrats circulaires : élimination dynamique de la surépaisseur sur les bords à une vitesse d'environ 500 tours/min en appliquant, avec une pissette à jet fin, du solvant AZ® EBR (pas de solvant à pression de vapeur élevée comme par exemple l'acétone !). ▶**5.3**

ii) en accroissant la vitesse de rotation pendant un bref instant. ▶**5.3**

iii) Si la couche de résine est suffisamment sèche, mais le surplus de résine sur le bord encore assez liquide pour pouvoir se détacher, ce dernier peut facilement être éjecté en accroissant soudainement la vitesse de rotation.

iv) en appliquant plusieurs couches de résine successives tout en augmentant à chaque fois la vitesse de rotation. ▶**5.3**

v) en ajustant le temps transitoire entre l'enduction et le recuit à basse température selon l'épaisseur de la couche de résine et la teneur en solvant résiduelle, afin d'éviter l'augmentation de la surépaisseur sur les bords déjà existante due à la diminution de la viscosité de la couche de résine sous l'effet de la chaleur (le cas échéant, séchage en plusieurs étapes : températures ambiantes ... 50°C ... 95°C). ▶**5.3**

vi) en installant le substrat sur un plateau (par ex. Disque en tôle) creux qui encadre le substrat. ▶**5.3**

vii) Substrats carrés : si possible, enlever (casser) les bords du substrat et la surépaisseur ou l'essuyer avec des chiffons de propreté. ▶**5.3**

viii) Il est également possible d'insoler et de développer la surépaisseur du bord, ce qui peut entraîner la formation de T-Topping dans les structures futures. ▶**5.3**

2. Enduction centrifuge : structures de comète ?

i) Ces irrégularités de la résine de forme radiale sont en général dues aux bulles d'air ou de gaz, rarement aux particules qui se trouvent projetées par rotation sur les bords du substrat. Origines et solutions, voir A)3.i), A)3.ii) et A)3.iii). ▶**5.4, 5.5**

3. Enduction centrifuge : substrat partiellement enduit ?

i) Origines et solutions, voir A)2. ▶**5.4, 5.5**

4. Enduction par pulvérisation : recouvrement insuffisant sur les bords ?

i) Une concentration trop élevée de solvant, en particulier de solvant à point d'ébullition élevé, est à l'origine d'une rétraction trop importante des bords de la couche de résine qui vient d'être déposée. Nous vous indiquerons sur demande les dilutions de solvants adéquates pour résine à pulvériser ! ▶**6.3, 6.4**

ii) les modifications apportées à l'équipement (diminution de la distance entre la tête

du pulvérisateur et le substrat ou augmentation de la taille des gouttes) peuvent augmenter la concentration de solvant des gouttelettes déposées sur le substrat et ainsi accroître la fluidité du film de résine. ▶**6.3, 6.4**

5. Enduction par pulvérisation : couche de résine rugueuse ?

i) Une concentration trop faible de solvant, en particulier de solvant à point d'ébullition élevé, empêche l'étalement des gouttes de résine sur le substrat et le lissage de la couche de résine. Nous vous indiquerons sur demande les dilutions de solvants adéquates pour résine à pulvériser ! ▶**6.3, 6.4**

ii) les modifications apportées à l'équipement (augmentation de la distance entre la tête du pulvérisateur et le substrat ou diminution de la taille des gouttes) peuvent réduire la concentration de solvant des gouttelettes déposées sur le substrat et ainsi empêcher le lissage de la couche de résine formée. ▶**6.3, 6.4**

6. Revêtement par immersion : épaisseur de la couche de résine non homogène ?

i) Si on note une variation de l'épaisseur de la couche de résine sur le substrat tout entier dans le sens de l'écoulement, ceci est dû au séchage trop lent de la résine qui goutte du substrat traité. Les résines optimisées pour le revêtement par immersion, telle *MC Dip Coating Resist*, présentent une formulation de solvants autorisant l'homogénéité de l'épaisseur de la couche de résine. ▶**7.4**

ii) Les vibrations (du moteur pas à pas du dispositif d'écoulement ou les secousses externes) ou les variations du flux d'air entraînent une irrégularité de l'épaisseur de la couche assez importante, parallèle à la surface de la résine dans le bassin. Veiller également à ce que le système de suspension du substrat ne soit pas immergé dans la résine car la résine qui dégoutte de ces attaches altèrerait l'homogénéité du revêtement. ▶**7.3**

7. Enduction au rouleau : couche de résine non homogène

i) Les résines optimisées pour le revêtement au rouleau ont des propriétés thixotropes, c.-à-d. que leur viscosité varie sous contrainte mécanique. L'utilisation de ces résines pour enduction au rouleau mène à des résultats plus homogènes que ceux obtenus avec des photo-résines « normales ».

8. Sérigraphie : qualification des résines photosensibles

i) En général, l'enduction par procédé sérigraphique ne conduit pas à de bons résultats en raison des propriétés mécaniques des photo-résines. Si toute fois cette technique d'enduction doit être appliquée, il est conseillé d'employer des résines épaisses très visqueuses comme la AZ® 4562 ou AZ® 9260.

C) Techniques d'insolation : Problèmes fréquents

1. Ecriture au laser

i) L'apparition de bulles ou de fissures après exposition des couches de résines positives ou négatives est à renvoyer à la forte production de molécules N_2 due à la transformation du photo-amorceur au cours de la réaction photographique sous forte intensité lumineuse. On peut y remédier en utilisant des résines moins concentrées en photo-amorceur comme AZ® 4562 ou AZ® 9260 en couches plus fines et un recuit à basse température plus long et plus chaud. Si, malgré cela, il continue à se former des bulles et des fissures, soit augmenter le temps d'écriture avec une puissance de laser moindre, soit répartir le processus d'écriture au laser sur plusieurs cycles ▶**12.3, 12.11**

ii) Si la résine exposée ne peut être développée malgré la dose lumineuse d'exposition adéquate, ou si la partie de résine contiguë non exposée ne peut être éliminée, il est possible que la couche de résine a trop chauffé en raison de l'intensité lumineuse trop élevée. Dans ce cas, la résine contenue dans la résine photosensible réticule, perdant ainsi sa solubilité dans de nombreux milieux. Si la puissance du laser ne peut pas être réduite davantage, voir les indications dans le paragraphe O).

2. Lithographie par interférométrie laser

i) Très souvent, nécessité de couches de résine très fines obtenues seulement par dilution du résine. Le AZ® 701 MiR est une des rares résines qui peut être forte-

ment diluée sans problème (nous conseillons PGMEA = AZ® EBR Solvent) et appliquée en couches très fines. ▶36

ii) Les très hautes résolutions sub-µm souvent requises en lithographie par interférométrie laser ne peuvent être atteintes qu'avec des résines spéciales. Nous recommandons l'utilisation de résine thermorésistante AZ® 701 MiR pour les processus chimiques par voie sèche subséquents ou le AZ® ECI 3000 pour les processus de chimie humide. ▶36, 37

3. Longueurs d'ondes d'exposition au-delà des bandes d'absorption de la résine

i) L'utilisation de grandes longueurs d'ondes (par ex. > 450 nm pour les résines Large Bande) pour l'exposition ne convient que sous conditions, car les bandes d'absorption des photo-résines se dégradent sur plusieurs 10 nm. Cependant, les doses lumineuses nécessaires à une exposition complète augmentent avec la longueur d'onde en raison de la faible absorption. En raison de la grande profondeur de pénétration de la lumière, le risque de pénétration latérale profonde de la lumière augmente dans le cas de substrats transparents ou rugueux/texturés, ce qui diminue la résolution maximale souhaitée. ▶2.4

ii) Les longueurs d'ondes plus courtes (< 340 nm) n'augmentent que théoriquement la résolution possible. La faible profondeur de pénétration de cette lumière et l'absorption parasitaire des photo-amorceurs déjà transformés augmentent la dose lumineuse nécessaire à l'exposition de la couche de résine. Ceci diminue souvent la résolution en raison de l'augmentation de la diffusion de Rayleigh avec les longueurs d'ondes courtes. ▶2.4, 12.6

4. Adhérence du masque sur la couche de résine

i) Après un recuit trop court/froid, le taux de solvant résiduel de la couche de résine peut être si élevé que celle-ci colle sur le masque photo. Nous conseillons d'utiliser une température de recuit à basse température de 100°C pendant 1 minute par µm d'épaisseur de couche de résine sur plaque chauffante. Dans un four, compter quelques minutes de plus en raison de la mise en température.

ii) Les particules qui sont sur le masque peuvent se trouver pressées dans la résine. La résine peut alors se décoller partiellement du substrat lorsque le masque est enlevé.

iii) Une exposition en mode Hard Contact favorise l'adhérence du masque sur la couche de résine. Essayer d'employer un mode Soft Contact.

iv) La mauvaise adhérence du résine augmente toujours le risque de décollement, à certains endroits, de la couche de résine du masque photo. Voir chapitre F) les recommandations pour une meilleure adhérence.

D) Développement : Taux de développement trop faible

1. Réhydratation suffisante ?

i) Pendant l'exposition, les résines positives et réversibles nécessitent une quantité d'eau minimum dans la résine, eau qui, après le recuit à basse température, doit être rechargée à partir de l'humidité de l'air ambiant. La durée nécessaire dépend beaucoup de l'épaisseur de la couche de résine et s'étend entre une minute et plusieurs heures. ▶10

ii) En cas de réhydratation suffisamment longue, l'humidité de l'air détermine le taux de développement. Celui-ci diminue considérablement si l'humidité est inférieure à 40%. C'est pourquoi nous recommandons de maintenir si possible l'humidité de l'air relative à environ 45%. ▶10

2. Dose lumineuse d'exposition suffisante ?

i) En principe, la durée d'exposition dépend non seulement du type de résine photosensible et de son épaisseur, mais aussi du spectre d'émission de la source de lumière et de la sensibilité spectrale de la résine photosensible. Il est toujours conseillé de procéder à une série d'exposition en cas de nouveaux traitements, de résine fraiche ou de modifications de l'outil d'alignement pour les wafers. ▶15.6, 41

ii) Dans le cas de couches de résine fines (épaisseur des couches de résine < profondeur de pénétration de la lumière), une dose lumineuse d'exposition trop faible entraîne un taux de développement continu et faible. Comme, dès le début, la couche de résine est exposée jusqu'au substrat, ses propriétés optiques (transmission et réflexion) jouent un rôle décisif dans le choix de la dose lumineuse d'exposition nécessaire. ▶**12.7**

iii) Dans le cas de couches de résine épaisses (épaisseur des couches de résine > profondeur de pénétration de la lumière) une dose lumineuse trop faible entraîne un taux de développement constant jusqu'à une certaine profondeur à partir de laquelle le taux diminue jusqu'à devenir nul. ▶**12.7**

3. Révélateur compatible ?

i) A chaque résine photosensible son révélateur. Par exemple, les résines AZ® 4533 et 4562 exigent, pour un développement parfait, le révélateur AZ® 400K à base KOH ou le AZ® 826 MIF à base TMAH. Pour les résines négatives de la série AZ® nLOF 2000, il est conseillé d'utiliser un révélateur à base TMAH comme le AZ® 326 MIF, 726 MIF ou 826 MIF. Pour la résine AZ® 111 XFS, utiliser le révélateur AZ® 303. ▶**31**

4. Révélateur encore actif ?

i) L'introduction de CO_2 de l'air limite la durée d'utilisation des bains révélateurs ouverts d'autant plus que le rapport entre la surface du liquide et son volume est grand (petits bacs). L'ajout de N_2 dans le bain révélateur augmente la durée d'utilisation. Même le révélateur conservé dans des pots fermés perd de sa force avec le temps en raison de la diffusion de CO_2 par les parois du pot. La date limite d'utilisation indiquée sur le pot de révélateur tient compte de ce phénomène. ▶**3.6**

ii) L'accumulation de résine photosensible développée dans le révélateur en limite la puissance. Celle-ci est épuisée au plus tard lorsque le bain de révélateur contient environ 1 ‰ de son propre volume en résine photosensible. ▶**15.5**

5. Révélateur trop dilué ?

i) AZ® 400K et AZ® 351B sont habituellement dilués 1 : 4 avec de l'eau. Le révélateur AZ® peut être employé concentré jusqu'à une dilution de 1 : 1. Les révélateurs AZ® 326 MIF, 726 MIF et 826 MIF sont utilisés en général sans être dilués. Avec AZ® 303, les rapports de dilution usuels sont 1 : 4 (pour le AZ® 111 XFS) et 1 : 5 ... 1 : 8 (autres résines). Concernant les couches de photo-résine très minces ou les structures très fines, une augmentation de ces données de dilution par un facteur de 1,5 maximum peut stabiliser le processus. ▶**15.3**

6. HMDS correctement appliqué, ou contamination par d'autres agents ?

i) Si HMDS est enduit par spin coating c.-à-d. appliqué en phase gazeuse à température ambiante, ou bien si les vapeurs de HMDS projeté pénètrent dans la couche de résine pendant l'enduction, le HMDS s'active sous la couche de photo-résine seulement pendant le recuit à basse température. L'ammoniac alors dégagé peut altérer chimiquement (réticulation transversale) surtout les zones de résines photosensibles proches du substrat et ainsi empêcher le développement complet et/ou diminuer le taux du développement. Nous conseillons expressément d'appliquer HMDS en phase gazeuse sur substrats chauffés, et de tenir à l'écart des vapeurs de HMDS aussi bien la résine que la couche de résine. ▶**4.7**

ii) Les substances très souvent utilisées dans les salles blanches, comme l'ammoniaque ou le chlorobenzène, peuvent pénétrer en phase gazeuse dans la couche de résine qui se réticule transversalement après les différentes étapes de recuit (par exemple recuit à basse température) ou se stabilise chimiquement d'une autre manière, et diminuer ainsi le taux de développement.

7. Décomposition thermique du photo-amorceur ?

i) Le composant photosensible est sensible à la température. Si la durée et la température du recuit à basse température, le recuit de polymérisation négatif (soit le recuit après insolation de la résine négative) dépassent les valeurs de référence, le taux de développement diminue considérablement. Pour le recuit à basse température, nous recommandons une température de 100°C pendant une minute par

µm d'épaisseur de couche de résine. ▶9.4

ii) Si le dépôt de résine photosensible est réalisé sous des conditions de temps et de température trop élevées, une partie croissante du photo-amorceur se décompose déjà avant le traitement, ce qui diminue le taux de développement. Dans une certaine limite, on peut compenser cette décomposition en ajustant la dose lumineuse d'exposition, en préparant un révélateur plus fort ou en augmentant la durée de révélation. ▶3.1

8. Couche de résine photosensible plus épaisse que prévue ?

i) Les variations du flux d'air dans la tournette (Spincoater) (autres formes et tailles de substrats, variations du flux, couvrement du plateau de réception du substrat) peuvent influencer l'épaisseur de la couche de résine en agissant sur la vitesse d'évaporation du solvant de la résine.

ii) La vitesse d'évaporation du solvant d'une couche de résine enduite par centrifuge et son épaisseur dépendent non seulement de la température et de l'humidité de l'air mais aussi de la concentration du solvant dans l'atmosphère de la tournette. La qualité de l'atmosphère dépend du nombre de substrats enduits depuis le dernier nettoyage de la tournette d'enduction et à quand celui-ci remonte. Aussi, afin de garantir la constance de l'épaisseur des couches de résine, il peut être utile d'enduire quelques wafers non fonctionnels (dummy-wafer) avant de commencer une série d'enduction.

iii) La viscosité de la résine et donc l'épaisseur de la couche dépendent fortement de la température et également de la teneur en solvant qui diminue dans le temps à force d'ouvrir le pot de résine.

iv) Les résines enduites par immersion et pulvérisation contiennent en général des solvants à basse température d'ébullition comme l'acétone ou MEC qui s'évaporent beaucoup plus vite que les solvants à haute température d'ébullition employés habituellement. L'épaisseur des couches de résine obtenue avec ces techniques d'enduction augmente rapidement avec le temps de stockage de la résine.

9. Réflexivité modifiée du substrat ?

i) Justement dans le cas de couches de résine photosensible fines, la dose lumineuse absorbée par la résine et par conséquent le temps d'exposition nécessaire pour un développement rapide dépend de la qualité de réflexion et de diffusion du substrat.

E) Développement : Développement des zones sombres trop important

1. Dilution du révélateur correcte ?

i) Si la concentration du révélateur croît, le développement des zones non irradiées augmente plus vite que le taux de développement. AZ® 400K et AZ® 351B ont usuellement utilisés dilués avec de l'eau dans les proportions 1 : 4. AZ® Developer peut être employé concentré jusqu'à une dilution de 1 : 1. Les révélateurs AZ® 326 MIF, 726 MIF et 826 MIF sont utilisés en général purs. Avec AZ® 303, les rapports de dilution usuels sont 1 : 4 (pour le AZ® 111 XFS) et 1 : 5 ... 1 : 8 (autres résines). Pour le traitement de résine visqueuse ou l'augmentation du rendement, on peut accroitre de quelques 10% les concentrations du révélateur indiquées aux dépens de la sélectivité. ▶15.3

2. Révélateur compatible ?

i) Quelques révélateurs comme AZ® Developer ou AZ® 826 MIF sont caractérisés par des taux élevés de développement des zones non irradiées. Si les résines photosensibles n'exigent pas l'emploi de ces révélateurs, choisir des révélateurs plus spécifiques. ▶31

3. Recuit à basse température (Softbake) optimal ?

i) Un softbake trop court ou trop froid augmente le taux de développement des zones non irradiées en raison de la plus forte concentration de solvant résiduel dans le film de résine photosensible. Pour le softbake, nous conseillons une température de 100°C pendant une minute par µm d'épaisseur de film de résine. Dans le cas d'utilisation d'une étuve, augmenter la durée du recuit pour permettre au

substrat d'atteindre la température requise. Sur plaques chauffantes, les substrats massifs ou mauvais thermo-conducteurs, ainsi que les substrats non plans (déformés ou bombés) diminuent la température effective dans la couche de résine. Ceci peut être compensé par un allongement du temps de recuit ou une augmentation de la température. ▶9.2

ii) Si le softbake est trop long/chaud, une partie du photo-amorceur se décompose. Il agit alors, en état non insolé, en inhibiteur et diminue le taux d'érosion dans le révélateur. Il en suit une augmentation du développement des zones sombres et une diminution du contraste de la résine. ▶15.6, 16.1

4. Décomposition du photo-amorceur due au stockage trop long ou inadéquat ?

i) Si la résine photosensible est stockée trop longtemps ou à températures trop élevées, une partie croissante du photo-amorceur se décompose avant l'emploi de la résine. Cette partie de photo-amorceur, en état non insolé, agit alors en inhibiteur et diminue le taux de développement du révélateur. ▶3.1

5. Emploi de résines réversibles ou négatives ?

i) En ce qui concerne les résines réversibles, le recuit de polymérisation négatif après la première insolation a pour effet de rendre insolubles dans le développeur les zones irradiées. Si le recuit de polymérisation est de trop courte durée ou effectué à une température trop basse, le taux de révélation de ces zones est considérablement augmenté dans le révélateur. Les paramètres du recuit de polymérisation négatif dépendent de la résine réversible elle-même et des contraintes du processus. Si nécessaire, veuillez nous contacter, nous vous conseillerons avec plaisir ! ▶17.3, 17.4

ii) La Post Exposure Bake (PEB) des résines négatives réticule transversalement les zones de résine irradiées et les rend insoluble dans le révélateur. Les paramètres PEB recommandés dépendent des résines réversibles utilisées. Avec la résine AZ® nLOF 2000, nous conseillons d'utiliser le traitement sur plaque chauffante à 110-120°C pendant 1 à 2 minutes. ▶40

6. Insolation par erreur des zones « sombres » sur résines positives?

i) Dans le cas de doses lumineuses d'exposition trop importantes, la lumière dispersée (dispersion de Rayleigh) à l'intérieur de la couche de résine photosensible insole aussi les zones dites sombres qui sont ensuite érodées par le révélateur.

ii) L'écart possible entre le masque et la surface du film (voulu ou non en présence de particules ou de bulles dans la couche de résine ou d'un bourrelet sur le bord) entraîne l'insolation des zones voisines en raison de la diffraction et des multiples réflexions entre masque et surface du film. ▶12.5

iii) Les substrats texturés ou rugueux diffusent également la lumière latéralement sous les zones de résine masquées. Dans le cas de substrats transparents, la lumière peut aussi pénétrer latéralement dans le substrat et ainsi insoler la résine aussi dans les zones dites sombres. Dans ce cas, il est recommandé de ne pas utiliser une dose de lumière plus élevée que nécessaire. Pour contrecarrer cet effet, on peut utiliser un revêtement de fond « Bottom-Layer Anti-Reflective-Coating » comme la résine AZ® Barli. ▶11.2

iv) La plupart de résines positives sont aussi sensibles dans le domaine d'ondes courtes du spectre. C'est pourquoi la lumière des tubes fluorescents, des ampoules incandescentes, ainsi que la lumière naturelle directe ou indirecte peut aussi insoler les couches de résine. Il est expressément recommandé de filtrer toutes sources lumineuses et de recouvrir les fenêtres par exemple d'un film jaune afin d'assurer la non transmission d'ondes < 520 nm. ▶8.1

F) Mauvaise adhérence de la résine

1. Préparation du substrat optimale ?

i) Le fait de chauffer les substrats propres pendant quelques minutes entre 120°C et 140°C suffit à la désorption des molécules d'eau accumulées sur la surface. A partir de 150°C, les liaisons OH toujours présentes sur les surfaces oxydées se détachent, augmentant le caractère hydrophobe de la résine et par conséquent sa

mouillabilité et son adhérence. ▶4.1

ii) Pour améliorer la mouillabilité et l'adhérence de substrats contaminés de particules ou de saletés organiques, il est recommandé d'effectuer un nettoyage en deux étapes : en 1 avec de l'acétone (élimine les polluants organiques) et en 2 avec de l'isopropanol (élimine l'acétone souillée avant la formation de trainées). ▶4.2

iii) Appliquer HMDS dans le vide en phase gazeuse sur substrats chauffés. Dans de nombreux cas, l'enduction en phase liquide diminue considérablement l'adhérence de la résine à un degré d'adhérence inférieur des substrats non traités. ▶4.7

iv) Après gravure sur SiO_2 avec HF (par exemple « bain HF »), la force d'adhérence de la résine dépend beaucoup de l'élimination complète de l'oxyde : si c'est le cas, la passivation H de la surface Si lui confère pendant un certain temps une très bonne adhérence. Une gravure oxi incomplète peut laisser une surface très hydrophile, très peu mouillante et adhérente. On peut y remédier en finalisant la gravure oxi ou en recuisant à haute température (env. 700°C). ▶4.4

2. Gravure avec solutions caustiques à base de HF ?

i) L'acide fluorhydrique diffuse rapidement à travers les couches de résine photosensible. D'une part, la couche de résine gonfle, de l'autre le substrat enfermé sous le film de résine commence à se dissoudre. Il en suit que la couche de résine surnage pendant le processus de gravure ou au cours du rinçage subséquent. Dans le cas de couche de résine plus épaisse, on obtient de meilleurs résultats avec de l'utilisation d'acide fluorhydrique tamponné (BOE – Buffered Oxide Etch) à la place de HF non tamponné. ▶4.4

3. Sur métaux précieux ?

i) Les métaux précieux comme l'or ou le platine présentent en général une très mauvaise adhérence de la résine qui peut à peine être améliorée par un agent d'adhérence comme HMDS. Une couche de quelques nm de titane ou de chrome sert d'agent d'adhérence, couches qui sont à nouveau éliminées après développement de la résine photosensible et/ou suite au traitement complet. ▶4.5

4. Recuit à basse température (Softbake) optimal ?

i) Un softbake trop court ou trop froid diminue la force d'adhérence de la résine en raison de la plus grande concentration de solvant résiduel de la couche de photo-résine. Dans le cas de couches de photo-résine épaisses, l'insolation provoque en général la formation de bulles de N_2, surtout près de la surface du substrat. Pour le softbake, nous conseillons une température de 100°C pendant une minute par µm d'épaisseur de film de résine. Dans le cas de substrats massifs ou mauvais thermo-conducteurs ou de traitement en étuve, augmenter la durée du recuit de quelques minutes. ▶9.2-9.5

ii) Un softbake trop long/chaud dessèche la couche de résine et diminue sa force d'adhérence, par exemple suite à un refroidissement trop rapide après le softbake. Remède possible : procéder à un refroidissement par rampes progressives en température.

5. Résine positive sur substrats transparents ?

i) Dans le cas d'insolation à doses trop fortes, la lumière peut pénétrer dans les substrats transparents latéralement sur de grandes distances et insoler la couche de résine photosensible à proximité du substrat. Ainsi, le révélateur peut faire ressortir du substrat principalement de petites/étroites structures. ▶12.10

6. Résines réversibles ou négatives ?

i) Si, en raison d'une dose lumineuse d'exposition faible et/ou d'un recuit de polymérisation ou Post Exposure Bake court/froid, seule la face supérieure de la résine est réticulée transversalement, les zones de résine proches du substrat peuvent être développées latéralement par le révélateur, ce qui faire ressortir du substrat de petites/étroites structures. ▶17.3

7. Faces du substrat métallisées/traitées différemment ?

i) Si le verso et le recto d'un substrat conducteur sont recouverts de métaux différents ou traités différemment, les deux côtés peuvent former un couple voltaïque dans les solutions aqueuses (révélateur, solution de gravure ...). Il peut alors se former

sur un côté du H_2 qui peut soulever la couche de résine qui se trouve au-dessus. L'application d'une couche de résine de protection continue sur l'autre côté du substrat peut prévenir cet effet.

G) Résolution latérale de la résine photosensible trop faible

1. Résine photosensible appropriée ?

i) Les résines positifs comme les résines AZ® 1505, AZ® 1512 HS ou AZ® 6612 permettent la fabrication de structures de moins d' 1 µm, la résine AZ® 701 MiR et celles de la série AZ® ECI 3000, des structures de moins de 0,5 µm. Avec les résine négatives, utiliser de fines couches de résine de la série AZ® nLOF 2000 pour une résolution sub-µm. ▶36, 37, 40

2. Espace entre masque photo et couche de résine ?

i) La diffraction due à l'écart entre le côté inférieur du masque et la surface de résine généré par les particules, les bulles d'air ou un bourrelet sur le bord diminue la résolution latérale possible avec la résine utilisée. ▶12.5

3. Paramètres de softbake appropriés ?

i) Un softbake trop chaud ou/et trop long entraîne la décomposition d'une partie non négligeable du photo-amorceur de résines positives et réversibles qui, en état non insolé, agit comme inhibiteur et diminue le taux de développement dans le révélateur. Si la durée et la température du softbake dépassent les valeurs conseillées, ceci peut, tout en diminuant le taux de développement, augmenter le taux de développement des zones sombres, et rendre plus difficile la réalisation de très petites structures. Pour le softbake, nous conseillons une température de 100°C pendant une minute par µm d'épaisseur de film de résine. Dans le cas de substrats massifs ou mauvais thermo-conducteurs ou de traitement en étuve, augmenter la durée du recuit de quelques minutes. ▶9

ii) Dans le cas de softbake trop court ou trop froid, il reste trop de solvant dans la couche de résine, le développement des zones sombres est relativement important, rendant plus difficile la réalisation de très petites structures. Voir le paragraphe précédent pour les paramètres de softbake recommandés. ▶9

4. Révélateur compatible et utilisé de manière optimale ?

i) Quelques révélateurs comme AZ® Developer ou AZ® 826 MIF possèdent un taux de développement des zones sombres relativement élevé et ne sont pas conseillés pour la fabrication de très petites structures ou de structures à murs très à pic. ▶31

ii) Le taux de développement des zones sombres augmente sur-proportionnellement avec la concentration de la solution de révélateur. Voir le paragraphe E)1.i) pour les dilutions optimales. Possibilité de diluer davantage le révélateur pour obtenir des structures plus fines. ▶15.3

5. Dose lumineuse d'exposition optimale ?

i) Dans le cas de résines positives, une dose lumineuse trop faible augmente le temps nécessaire pour obtenir un développement complet, ou bien il faut utiliser une solution de révélateur plus concentrée. Dans les deux cas, l'érosion de la résine photosensible non insolée est relativement importante ce qui diminue la résolution souhaitée. ▶41

ii) Dans le cas de résines positives ou réversibles, une dose lumineuse trop faible augmente l'érosion des zones insolées de la résine photosensible, ce qui diminue la résolution ciblée. ▶17.3

iii) Des doses lumineuses d'exposition trop fortes peuvent insoler les zones dites sombres à l'intérieur de la couche de résine photosensible qui, dans le cas de résine positive, seront en même temps érodées par le révélateur. Dans le cas de résine négative ou réversible, les zones de résine développables sont plus petites. Dans les deux cas, la résolution ciblée est diminuée. Voir le paragraphe E)6 pour les explications détaillées sur les raisons possibles.

H) Bulles ou particules dans la couche de résine après enduction

1. Agitation des flacons de résine ?

i) Le fait de remuer (transporter, agiter) les flacons de résine peut entraîner la formation de bulles d'air dans le résine. Afin de permettre aux bulles d'air de monter à la surface de la résine avant de l'étaler, laisser le flacon de résine tranquille pendant un certain temps. Le temps d'attente dépend beaucoup de la viscosité de la résine. Cependant, une heure devrait suffire pour apporter une amélioration. ▶**5.5**

2. Flacons de résine photosensible restés longtemps fermés ?

i) A la durée, les résine positives et réversibles forment du N_2 qui tout d'abord se dissout dans la résine photosensible. A l'ouverture du flacon, des bulles peuvent se former en raison de la chute de pression. Afin de permettre aux bulles de monter à la surface de la résine et avant de l'étaler, laisser le flacon de résine se reposer avec le couvercle entrouvert (pour compenser les pressions sans permettre aux particules de pénétrer). Le temps d'attente dépend beaucoup de la viscosité de la résine. Cependant, une heure devrait suffire pour apporter une amélioration. ▶**5.5**

3. Dépôt manuel ?

i) Le dépôt manuel de la résine à l'aide de pipettes ou de seringues mène souvent à la formation de bulles d'air. Pour y remédier, il suffit de maintenir en position verticale le flacon distributeur pendant un certain temps, avant de déposer la résine, afin de permettre aux bulles d'air enfermées de remonter à la surface.▶**5.5**

4. Enduction par pulvérisation ?

i) Si la proportion de solvant à température d'ébullition basse est trop grande, les gouttelettes de résine sèchent déjà dans le brouillard de pulvérisation pour former des petites boules qui se déposent sur le substrat. ▶**6.3**

5. Résine photosensible trop longtemps stockée ?

i) Une résine photosensible stockée au-delà de la date de stabilité ou de manière inappropriée (trop chaud) a tendance à former des particules. C'est principalement le cas des résines liquides de faible viscosité à forte concentration en photo-amorceur. ▶**3.5**

6. Dilution de la résine photosensible ?

i) Ne diluer les résines photosensibles qu'avec des solvants appropriés (par ex. PGMEA ou MEC) et que dans des proportions limitées sinon les résines photosensibles ont tendance à former rapidement des particules. Veuillez nous contacter pour les dilutions adéquates. ▶**3.4**

I) Bulles dans la couche de résine après insolation

1. Softbake suffisant ?

i) Un softbake trop court/froid augmente la proportion de solvant résiduel dans la couche de résine photosensible. L'azote dégagé lors de l'insolation de résines positives ou réversibles peut former des bulles. Pour le softbake, nous conseillons une température de 100°C pendant une minute par µm d'épaisseur de film de résine. Dans le cas de substrats massifs ou mauvais thermo-conducteurs ou de traitement en étuve, augmenter la durée du recuit de quelques minutes. ▶**9**

2. Adhérence de la résine suffisante ?

i) L'azote dégagé lors de l'insolation de résines positives ou réversibles peut former des bulles là où la résine adhère mal. Voir Chapitre F) pour les recommandations concernant la préparation optimale des substrats. ▶**4**

3. Intensité lumineuse trop élevée ?

i) L'azote dégagé lors de l'insolation de résines positives ou réversibles doit pouvoir diffuser si possible aussitôt hors de la couche de résine. Si l'intensité lumineuse est trop élevée, l'augmentation de la concentration en N_2 dans la couche de résine entraîne la formation de bulles et de fissures par contrainte. Une diminution de l'intensité lumineuse et/ou une répartition de l'exposition en plusieurs étapes entrecoupée de pauses (par ex. gravure laser) peut aider. ▶**13**

4. Couche de résine trop épaisse ?

i) Plus la couche de résine photosensible est épaisse, plus l'azote formé à l'insolation a du mal à diffuser à la surface avant de former des bulles. C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser, pour des couches de résines épaisses, des résines visqueuses comme la résine AZ® 4562 ou AZ® 9260 dont le taux de production de N_2 est relativement faible en raison de sa faible teneur en photo-amorceur. ▶**13**

J) Bulles dans la couche de résine après recuit ou traitement

1. Après le recuit de résine photosensible insolée ?

i) L'azote formé lors de l'insolation de résines positives ou réversibles peut, à température plus élevée, (pendant par ex. le Post Exposure Bake, le recuit de polymérisation négatif, ou les traitements galvaniques) former des bulles dans la résine photosensible ramollie. Pour y remédier, accorder un temps transitoire plus long entre l'insolation et les étapes de recuit ou du traitement.

2. Après l'enduction (pulvérisation cathodique, métallisation sous vide) ou gravure sèche ?

i) L'augmentation de la température qui s'ensuit permet l'évaporation du solvant résiduel dans les structures de la résine ou celle de l'eau absorbée pendant le développement. En raison de la faible pression et du ramollissement de la résine sous la chaleur, il peut y avoir formation de bulles dans la résine. Un softbake plus long/chaud diminue la concentration du solvant résiduelle, et un recuit après le développement diminue la teneur en eau. ▶**18.2**

ii) Une autre source de formation de gaz est l'azote qui, en tant que produit de la photo-réaction, se développe dans les structures de la photo-résine pas encore exposée par les rayons UV lors de la pulvérisation cathodique, de la gravure sèche ou de la métallisation sous vide. Pour empêcher l'exposition des structures de résine *pendant l*e traitement, utiliser une source lumineuse haute densité (flood exposure) *avant* le traitement en question. Sa dose doit – sans masque photo – s'élever à un multiple de l'insolation de définition des structures, puis d'un temps d'attente suffisant pour laisser s'échapper le N_2 formé. Lors de l'insolation, les résines négatives de la série AZ® nLOF 2000 ne dégagent pas d'azote, et elles ne réclament donc pas ces étapes. ▶**18.3**

K) Gravure humide : Problèmes fréquents

1. Problème d'adhérence ?

i) Lires dans Chapitre F) les raisons d'une mauvaise adhérence de la résine et les solutions possibles. ▶**22.12, 22.13**

2. Gravure en dessous du masque (Under-Etching)?

i) La gravure isotrope développe en général sous la résine sur une étendue comparable à la profondeur de la gravure. Une gravure en dessous du masque plus importante peut indiquer une mauvaise adhérence de la résine (voir Chapitre F) qu'un recuit à haute température (hardbake) à env. 140°C après développement peut améliorer. ▶**22.12, 22.13**

3. Gravure initiale irrégulière ?

i) Des résidus de résine même de quelques nm d'épaisseur dans les zones développées libres de résine peuvent former une barrière pour un début de gravure rapide. Raisons possibles : révélateur incompatible (Paragraphe D)3), mauvais prétraitement HMDS (Paragraphe D)6.i)) ou un rinçage insuffisant après développement.

ii) Dans le cas de l'aluminium, les révélateurs alcalins attaquent plus fortement la couche d'oxyde d'aluminium là où le développement est terminé en premier (par ex. aux endroits plus minces, sur les bords des structures dégagées ou sur les structures développées de taille croissante). Selon le degré de surdéveloppement et le temps d'attente entre le développement et la gravure aluminium, ceci peut conduire à un départ de gravure non homogène dans l'espace et à des profondeurs de gravure Alu variées. ▶**22.1**

4. Profondeurs irrégulières des gravures aluminium ?

i) Les bulles formées en gravure aluminium se fixent sur le substrat et empêchent localement l'apport d'agent de gravure aluminium. Il est possible de dissoudre ces bulles via ultrasons ou en alternant gravures et immersions brèves dans eau déionisée (gravure par intervalle) du substrat. ▶**22.1**

5. Détérioration de la résine par agent de gravure au HNO_3 ?

i) Pour les agents très oxydants, le hardbake après développement à env. 140°C peut augmenter la résistance chimique de la résine. ▶**16.1**

6. Pas de résistance de la résine aux agents alcalins (KOH, TMAH ...)?

i) Soit, un hardbake à 150°C ou plus peut augmenter la stabilité des résines photosensibles, cependant, les structures réticulées transversalement même recuites à très haute température ne sont pas des masques en résine assez résistants pour la gravure anisotrope Si. A cet effet, il est recommandé d'utiliser des masques durs en SiO_2 ou SiNx par exemple.

L) Gravure sèche : Problèmes fréquents

1. Liquéfaction de la résine photosensible ?

i) Si, en gravure sèche, la température monte au-dessus du point de fusion (typiquement 100 ... 130°C pour les résines positives) de la photo-résine utilisée, celle-ci commence à s'arrondir et à se liquéfier. Mesures pour y remédier : optimisation du couplage thermique du substrat avec ses fixations (par ex. un peu d'huile de pompe centrifuge pour bonne dissipation de la chaleur des substrats sous contrainte et courbés), une capacité thermique suffisante (construction massive du support du substrat) ou une dissipation de la chaleur (par ex. aluminium anodisé en noir à l'arrière des dissipateurs thermiques) du support de substrats, un taux de gravure moindre et/ou gravure en plusieurs étapes avec intervalles de refroidissement ou utilisation d'une photo-résine thermorésistante (par ex. la résine AZ® 701 MiR ou celles de la série AZ® 6600) ainsi qu'un recuit softbake suffisant pour minimiser la quantité de solvant résiduelle. ▶**20.6**

2. La résine photosensible forme de la mousse ?

i) Une résine positive pas encore exposée peut être insolé par les rayons UV pour gravure sèche et libérer de l'azote. La formation de bulles est favorisée par le ramollissement thermique de la photo-résine, et résine photosensible mousse. ▶**20.7**

3. Impossible d'enlever la résine ?

i) Températures élevées, bombardement ionique et irradiation UV du fond pendant la gravure sèche, autant de raisons pour une forte réticulation transversale de la photo-résine qui peut difficilement ou pas du tout être éliminée chimiquement. Le Chapitre O) décrit les mesures possibles de pallier au problème. Le matériel redéposé sur la couche de résine peut rendre plus difficile l'élimination de la résine photosensible. Dans ce cas, utiliser les ultrasons. ▶**20.6, 20.8, 25**

M) Galvanisation : Problèmes fréquents

1. Résistance de la résine

i) Toutes les résines AZ® et TI sont suffisamment résistantes en milieu acide pour la galvanisation. ▶**19.1**

ii) Les bains alcalins sont plus critiques. A partir d'un pH d'env. 10 (selon la température du bain et la durée de la galvanisation), le masque en résine est attaqué. Les résines réticulées transversalement comme celles de la série AZ® nLOF 2000 présentent en milieu alcalin une résistance un peu plus grande que les résine positives ou réversibles. ▶**19.1**

2. Infiltration du masque de résine et / ou mauvaise adhérence de la résine?

i) En raison du gonflement de la photo-résine, l'adhérence sur le substrat peut diminuer pendant la galvanisation. Voir le Chapitre F) pour les astuces d'optimisation de l'adhérence de la résine. Un film de titane mince de quelques nm (chrome ou

aluminium en alternative) améliore nettement l'adhérence de la résine sur métaux précieux. Ce film métallique si fin peut – si nécessaire- être éliminé, après développement, sur les zones développées libres de résine dans des solutions appropriés. Veiller à ne pas graver trop latéralement sous le film de résine, c.-à-d. veiller à terminer le processus de gravure simultanément avec celui d'élimination de la couche adhérente. ▶19.2

3. Contamination de la galvanisation par du solvant résiduel qui s'égoutte ?

i) Les couches de résine photosensibles séchées sous les conditions de softbake usuelles peuvent encore contenir quelques pourcents de solvant résiduels. Si, pendant la galvanisation, du solvant goutte dans le bain de galvanisation, la précipitation chimique peut être entravée. Dans ce cas, il est recommandé de procéder à un softbake plus intense (plus long/plus chaud). ▶19.3

ii) Dans le cas de couches de résine épaisses où même un softbake plus long maintient une concentration de solvant résiduelle relativement élevée à proximité du substrat, un recuit après développement peut aider. Réaliser les flancs de résine à une température 10 °C au moins inférieure au point de fusion de la résine photosensible utilisée. ▶19.3

4. Profil de résine

i) Pour générer des murs aussi verticaux que possible, il est recommandé d'utiliser les résines AZ® ECI 3000 ou de la série AZ® 6600 pour des masques de résine épais de quelques µm, et la résine AZ® 4562 ou en particulier AZ® 9260 pour des couches plus épaisses. ▶34-37

ii) Si la structure métallisée formée doit montrer un profil positif, il est recommandé d'utiliser la résine négative AZ® nLOF 2000 comme masque de résine pour des épaisseurs de couches allant jusqu'à env. 20 µm. Cette résine permet d'ajuster la forme du fond de la microstructure via la dose lumineuse et PEB. En plus, en raison de ses réticulations transversales, cette résine est plus résistante chimiquement et thermiquement que les résines positives. ▶40

iii) Si la structure métallisée en formation doit montrer un profil négatif (c.-à-d. ouvert vers le haut), le profil de résine doit s'amincir en s'éloignant du substrat. Pour y arriver, utiliser soit un Proximity Gap du masque lors de l'insolation ou refluidiser les structures de résine après développement à une température supérieure au point d'ébullition de la résine photosensible employée. ▶16.2

5. La structure métallisée formée n'adhère pas bien ?

i) Si la résine photosensible est développée au moyen d'un révélateur inadéquat ou n'est pas suffisamment rincée après le développement, des résidus de résine invisibles de quelques nm d'épaisseur empêchent la croissance du métal précipité. Lire dans le Paragraphe D)3 la liste des photo-résines et des révélateurs correspondants. ▶31

ii) HMDS mal appliqué (liquide ou sur wafer non chauffé) peut entraîner une réticulation transversale des couches de résine photosensible proches du substrat qui ne sont pas entièrement développées et qui restent entre « seed layer » et le métal. ▶4.7

N) Le retrait de la résine (lift-off) ne fonctionne pas (assez bien)

1. Métallisation sous vide ou pulvérisation cathodique (sputtering)?

i) Tandis que, en sputtering plus ou moins isotrope, les flancs de résine verticaux ou chanfreinés au fond sont également insolés, la métallisation sous vide mène à de bien meilleurs résultats du lift-off. Avant tout, pour les couches épaisses (> plusieurs 100 nm), préférer - si possible – la méthode de métallisation sous vide au sputtering.

2. Résines photosensibles appropriées ?

i) Les flancs de résine chanfreinés présentent un meilleur résultat au lift-off que les flancs verticaux et même les flancs positifs. C'est pourquoi, préférer, aux résines positives, les résines négatives telles celles de la série AZ® nLOF 2000 ou les résines réversibles comme par ex. AZ® 5214 E ou TI 35ES. Si on doit utiliser une

résine positive, il est recommandé d'en employer une avec l'option flancs presque verticaux telles les résines de la série AZ® 6600 ou la résine visqueuse AZ® 9260, le cas échéant utilisée avec le *Developer Soaking* (plus de détails sur demande). **▶38-40**

3. Ramollissement à l'enduction ?

i) Si, à l'enduction, la température dépasse celle du point de fusion de la résine photosensible, les flancs de la résine s'arrondissent et sont aussi développés. Pour remédier à cet effet, voir Paragraphe L)1.i). **▶18.1**

4. Agent de lift-off approprié?

i) Lors du lift-off à l'acétone qui s'évapore rapidement, des paillettes de matière déjà enlevée se redéposent souvent sur le substrat et sont très difficiles à éliminer. Le solvant NMP convient mieux. En raison de sa très faible pression de vapeur, il peut être chauffé à 80°C. Un traitement ultrasonique supplémentaire peut accélérer le lift-off. **▶18.5**

O) Impossible d'éliminer la résine photosensible

1. Solvant comme remover?

i) L'acétone utilisée occasionnellement n'est pas un solvant de nettoyage optimal car, d'une part, en raison de sa basse température d'inflammation, il ne doit pas être chauffé, et d'une autre il s'évapore rapidement en raison de sa haute pression de vapeur et peut former des résidus de résine. Parmi les solvants organiques, nous recommandons le solvant NMP qui, chauffé jusqu'à 80°C, peut aussi éliminer de la résine photosensible moyennement réticulée transversalement. **▶25.1, 25.2**

2. Agents alcalins comme remover?

i) Comme alternative aux solvants organiques, on conseille le remover AZ® 100 qui, exempt d'eau, est aussi compatible avec l'aluminium. En alternative, on peut aussi utiliser NaOH ou KOH (> 2%) comme remover, mais une réticulation transversale de la photo-résine plus importante demande une plus forte concentration et/ou une température plus élevée. **▶25.1, 25.3**

3. Hardbake à très hautes températures ?

i) Les résines négatives sont réticulées lors du traitement, les résines positives à base de résine crésolique (AZ®) réticulent transversalement à partir d'env. 150°C. Pour toutes les résines, la règle dit que le degré de réticulation transversale et donc l'insolubilité dans les solvants ou les remover alcalins augmente avec la tempéra-ture. **▶16.1**

4. Après l'enduction (Sputtering, métallisation sous vide, CVD)?

i) La température croissante et l'irradiation UV (thermique ou de recombinaison) ré-ticule la résine photosensible et rend donc son élimination plus difficile. Pour y remédier avec une diminution de la température, voir le paragraphe L)1.i). **▶18.1**

5. Après la gravure sèche?

i) En principe, même situation que celle décrite dans le paragraphe précédent. De plus, la gravure sèche présente le risque de dépôt de matières déjà érodées sur la surface de la résine, éventuellement insolubles dans les removers, et qui, le cas échéant, doivent être éliminées par ultrasons dans une solution adéquate. **▶20.6**

Vos partenaires



Dr.-Ing. **Christian Koch**

Tél	+49 731 36080-409
Mobil	+49 178 7825198
Fax	+49 31 36080-908
E-mail	koch@microchemicals.eu



Dr.-Ing. **Titus J. Rinke**

Tél	+49 731 36080-409
Mobil	+49 177 3332453
Fax	+49 731 36080-908
E-mail	rinke@microchemicals.eu





Mentions légales

Adresse postale
MicroChemicals GmbH
Schillerstrasse 18
D-89077 Ulm

Tél :	+49 731 36080-409
Fax :	+49 731 36080-908
E-mail :	info@microchemicals.eu
Internet :	www.microchemicals.eu

Direction commerciale
Dr.-Ing. Titus J. Rinke, Dr.-Ing. Christian Koch

Registre du commerce
Ulm, HRB 4271

Impôt
DE813168639